एकक-6

अनुमापनमितीय विश्लेषण

आपको विदित है कि पदार्थ का गुणात्मक और मात्रात्मक रासायनिक संघटन स्थापित करने के लिए इसका विश्लेषण किया जाता है। इस प्रकार से रासायनिक विश्लेषण को दो संवर्गों में बाँटा जा सकता है – गुणात्मक विश्लेषण एवं मात्रात्मक विश्लेषण। इस एकक में आप विलयन में पदार्थ की मात्रा निर्धारित करना सीखेंगे। विलयन में पदार्थ की मात्रा के निर्धारण के लिए अपनाई गई विधि के अनुसार मात्रात्मक विश्लेषण मुख्यतः दो प्रकार का होता है - अनुमापनमितीय विश्लेषण एवं भारात्मक विश्लेषण। अनुमापनमितीय विश्लेषण में केवल आयतनों का मापन सम्मिलित होता है जबकि भारात्मक विश्लेषण में आयतन और द्रव्यमान दोनों का मापन सम्मिलित होता है।

अनुमापनमितीय विश्लेषण में परिशुद्धता से ज्ञात सांद्रता वाले विलयन के उस आयतन को ज्ञात किया जाता है जो किसी अन्य पदार्थ के विलयन के निश्चित आयतन से मात्रात्मक रूप से अभिक्रिया करता है और जिसकी सांद्रता का निर्धारण किया जाना है। परिशुद्धता से ज्ञात सांद्रता वाले विलयन को **मानक विलयन** कहते हैं। पदार्थ का द्रव्यमान मानक विलयन के प्रयुक्त हुए आयतन, रासायनिक समीकरण तथा अभिक्रिया करने वाले यौगिकों के आपेक्षिक आण्विक द्रव्यमानों से ज्ञात किया जा सकता है। ज्ञात सांद्रता वाले विलयन को **अनुमापक** कहते हैं और जिस पदार्थ का अनुमापन किया जा रहा हो उसे **अनुमापेय** कहते हैं।

अनुमापनमितीय विश्लेषण करने के लिए मानक विलयन सामान्यतः ब्यूरेट नामक एक लम्बी अंशांकित ट्यूब से, डाला जाता है। मानक विलयन को अज्ञात सांद्रता वाले विलयन में अभिक्रिया संपूर्ण होने तक मिलाने के प्रक्रम को **अनुमापन** कहते हैं। वह बिंदु जिस पर अभिक्रिया संपूर्ण हो जाती है **तुल्यता बिंदु** (equivalence point) या **सैद्धांतिक** अथवा **स्टॉइकियोमीट्री अंत्य बिंदु** कहलाता है। मानक विलयन को सदैव ब्यूरेट में लेना संभव नहीं होता। इस विषय में आप बाद में इसी एकक में, सोडियम हाइड्रॉक्साइड के ऑक्सैलिक अम्ल के साथ अनुमापन में जानेंगे।

6.1 अंत्य बिंदु ज्ञात करना

अंत्य बिंदु या तो अभिक्रिया मिश्रण में किसी भौतिक परिवर्तन के द्वारा अथवा किसी सहायक अभिकर्मक, जिसे **सूचक** कहते हैं, को मिलाकर ज्ञात किया जा सकता है। वैकल्पिक रूप से कोई अन्य भौतिक मापन प्रयुक्त किया जा सकता है। अभिक्रिया के समापन पर अनुमापित किए जाने वाले विलयन में सूचक, दिखाई देने वाला बदलाव [जैसे रंग में परिवर्तन अथवा अविलता (turbidity)] प्रदर्शित करता है। आदर्श अनुमापन में अंत्य बिंदु स्टॉकियोमीट्री अथवा सैद्धांतिक अंत्यबिंदु के संपाती (coincident) होता है परन्तु सामान्यतया वास्तविकता में इनमें बहुत सूक्ष्म अन्तर रहता है। यह **अनुमापन त्रुटि** प्रदर्शित करता है।

सूचक और चयनित प्रायोगिक अवस्थाएं ऐसी होनी चाहिए कि दिखाई देने वाले और सैद्धांतिक अंत्यबिंदु में न्यूनतम अन्तर हो।

6.2 अनुमापनमितीय विश्लेषण में किसी अभिक्रिया के लिए आवश्यकताएं

(i) अनुमापनमितीय विश्लेषण द्वारा जिस पदार्थ की मात्रा का निर्धारण किया जाना है उसे दूसरे अभिकर्मक के साथ स्टॉकियोमीट्री अनुपात में संपूर्णत: अभिक्रिया करनी चाहिए।

(ii) अभिक्रिया तीव्र गति से होनी चाहिए तथा अंत्य बिंदु के निकट विलयन के भौतिक या रासायनिक गुण में ऐसा परिवर्तन होना चाहिए जिसे सूचक द्वारा, विभवान्तर से अथवा विद्युत् धारा इत्यादि द्वारा ज्ञात किया जा सके।

6.3 अम्लमिति और क्षारमिति

अनुमापनमितीय विश्लेषण विभिन्न प्रकार की अभिक्रियाओं के लिए किया जा सकता है। इस एकक में आप केवल उदासीनीकरण अभिक्रियाओं के विषय में जानेंगे। इनमें अम्लों और क्षारों के अनुमापन सम्मिलित होते हैं। इन विश्लेषणों में अम्ल (अम्लमिति) या क्षारक (क्षारमिति) के मानक विलयन प्रयुक्त होते हैं। अनुमापनमितीय विश्लेषण द्वारा मात्रात्मक विश्लेषण के लिए विलयन की सांद्रता को मोलरता में व्यक्त किया जाता है। यह एक लिटर विलयन में घुले विलेय के मोलों की संख्या होती है।

$$\text{मोलरता, } M = \frac{\text{विलेय के मोलों की संख्या}}{\text{विलयन का आयतन लिटर में}}$$

मानक विलयन

यथार्थता से ज्ञात सांद्रता वाला विलयन मानक विलयन कहलाता है। कोई भी पदार्थ, जो कक्ष ताप पर विघटित नहीं होता और उस विलायक से अभिक्रिया नहीं करता जिसमें इसे घोला जाता है, मानक विलयन बनाने के लिए सीधे तोला जा सकता है। इन विलयनों का विवरण और इन्हें बनाने की विधि निम्नलिखित है।

प्राथमिक एवं द्वितीयक मानक

प्राथमिक मानक पर्याप्त शुद्धता वाला यौगिक होता है जिसमें अशुद्धियों की मात्रा 0.01–0.02% से अधिक नहीं होती। प्राथमिक मानक के प्रतिदर्श (sample) को सीधे तोलकर और इसे जल (विलायक) में घोलकर मानक विलयन का निश्चित आयतन बनाया जा सकता है। प्राथमिक मानक के समान प्रयुक्त होने वाले पदार्थ में निम्नलिखित विशेषताएं भी होनी चाहिए–

1. यह शुद्ध और शुष्क अवस्था में आसानी से उपलब्ध होना चाहिए।
2. यह वायु में परिवर्तित नहीं होना चाहिए अर्थात्, यह आर्द्रताग्राही, वायु द्वारा ऑक्सीकृत अथवा वायुमंडल में उपस्थित कार्बन डाइऑक्साइड जैसी गैसों से प्रभावित अथवा क्रिस्टलीकरण जल छोड़ने वाला नहीं होना चाहिए। जिससे इसे सुरक्षित रूप से भंडारित किया जा सके।

3. इसमें उपस्थित अशुद्धियों को जाँचना सरल होना चाहिए।
4. इसका **आपेक्षिक आण्विक द्रव्यमान** अधिक होना चाहिए जिससे तोलने की त्रुटियाँ नगण्य हों।
5. इसकी दूसरे पदार्थ के साथ अभिक्रिया द्रुत एवं स्टॉइकियोमीट्रिक होनी चाहिए।
6. पदार्थ जल में आसानी से घुलनशील होना चाहिए।

एक आदर्श प्राथमिक मानक उपलब्ध होना कठिन होता है अतः साधारणतया वह पदार्थ प्रयुक्त किए जाते हैं जिनके गुण प्राथमिक मानक के गुणों के अधिक निकट होते हैं।

नियमानुसार अस्थाई जलयोजित पदार्थ प्राथमिक मानक के समान प्रयुक्त नहीं किए जाते तथापि सोडियम कार्बोनेट, सोडियम टेट्राबोरेट, पोटैशियम हाइड्रोजनथैलेट, ऑक्सैलिक अम्ल फेरस अमोनियम सल्फेट इत्यादि पर्याप्त स्थायित्व के कारण प्राथमिक मानक के समान प्रयुक्त किए जा सकते हैं।

द्वितीयक मानक विलयन वह होता है जिसकी यथार्थ सांद्रता, प्राथमिक मानक विलयन से अनुमापन द्वारा पता लगाने के उपरान्त, इसे मानकीकरण के लिए उपयोग में लाया जाता है।

द्वितीयक मानक को सीधे तोलकर मानक विलयन बनाने के लिए प्रयुक्त नहीं किया जा सकता। सोडियम हाइड्रॉक्साइड और पोटैशियम परमैंगनेट द्वितीयक मानकों के उदाहरण हैं।

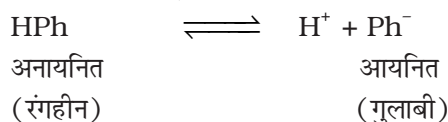
अनुमापनमितीय विश्लेषण करने से पहले आपको कुछ तकनीकों, जैसे कि वैश्लेषिक तुला (रासायनिक तुला) से तोलना, मानक विलयन बनाना और ब्यूरेट एवं पिपेट द्वारा आयतन मापन से परिचित हो जाना चाहिए।

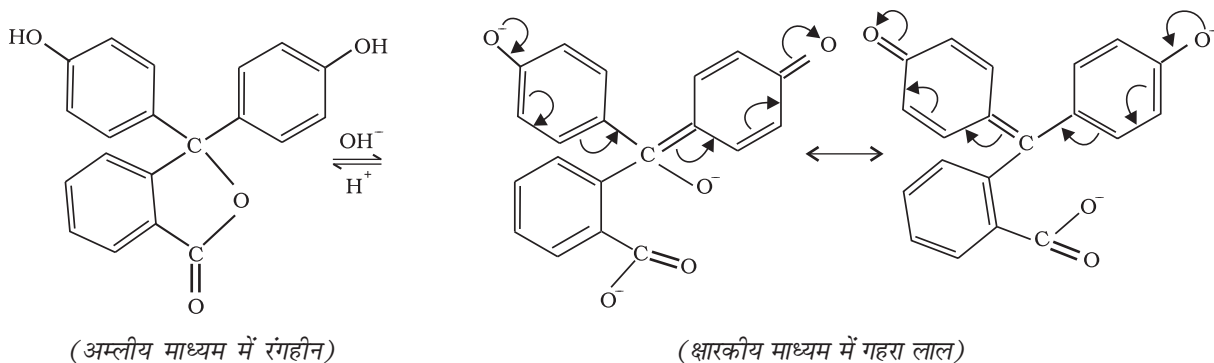
6.4 अम्ल-क्षारक अनुमापनमिती में सूचक

अम्ल-क्षारक सूचक pH परिवर्तन के प्रति संवेदनशील होते हैं। अधिकतर अम्ल-क्षारक अनुमापनमितियों में ऐसे सूचकों का चयन करना संभव होता है जो तुल्यता बिंदु के निकट वाली pH पर रंग में परिवर्तन दर्शाते हैं। यहाँ हम केवल दो सूचकों – फ़ीनॉलफ़्थेलीन और मेथिल ओरेन्ज का विवरण देंगे।

फ़ीनॉलफ़्थेलीन

फ़ीनॉलफ़्थेलीन एक दुर्बल अम्ल है अतः यह अम्लीय माध्यम में वियोजित नहीं होती और अनायनित रूप में रहती है, जो रंगहीन होता है।

$$\underset{\text{अनायनित (रंगहीन)}}{HPh} \rightleftharpoons \underset{\text{आयनित (गुलाबी)}}{H^+ + Ph^-}$$

फ़ीनॉलफ़्थेलीन के आयनित और अनायनित रूप नीचे दिए गए हैं–

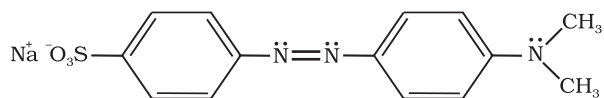
(अम्लीय माध्यम में रंगहीन) (क्षारकीय माध्यम में गहरा लाल)

चित्र 6.1 – फ़ीनॉलफ़्थेलीन अम्लीय और क्षारकीय माध्यम में

अम्लीय माध्यम में आयनित और अनआयनित रूपों के मध्य साम्य बायीं ओर रहता है। क्षारीय माध्यम में क्षार के OH^- आयनों द्वारा HPh में से H^+ आयन निकाल लिए जाने से फ़ीनॉलफ़्थेलीन का आयनन अत्यधिक बढ़ जाता है अतः विलयन में Ph^- आयनों की सांद्रता बढ़ जाती है जिससे विलयन गुलाबी रंग का हो जाता है।

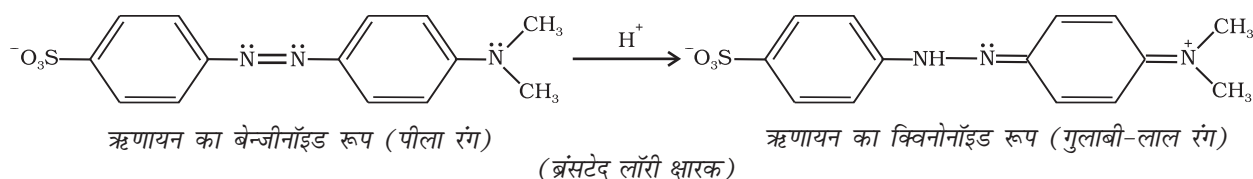
$$HPh \rightleftharpoons H^+ + Ph^-$$
$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$
$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$$

दुर्बल अम्ल और प्रबल क्षार के मध्य अनुमापन के लिए फ़ीनॉलफ़्थेलीन सबसे अधिक उपयुक्त सूचक होता है। ऐसा इसलिए होता है कि क्षार की मिलाई गई अन्तिम बूँद विलयन की pH को उस परास में पहुँचा देती है जिसमें फ़ीनॉलफ़्थेलीन तीक्ष्ण रंग परिवर्तन दर्शाती है।

मेथिल ओरेन्ज

मेथिल ओरेन्ज एक दुर्बल क्षारक होता है और अनआयनित रूप में पीले रंग का होता है। इसके सोडियम लवण की संरचना निम्न प्रकार से प्रदर्शित की जाती है–

सूचक से बना ऋणायन एक सक्रिय स्पीशीज़ होता है जो प्रोटॉन प्राप्त करने के पश्चात् (यानी ब्रंसटेद लॉरी क्षारक के समान कार्य करता है) बेन्जीनॉइड रूप से क्विनोनॉइड रूप में परिवर्तित हो जाता है। क्विनोनॉइड रूप गहरे रंग का होता है अतः अंत्य बिंदु पर रंग परिवर्तन के लिए उत्तरदायी होता है। इसे अग्रलिखित प्रकार से प्रदर्शित करते हैं–

$$^{-}O_3S-C_6H_4-\ddot{N}=\ddot{N}-C_6H_4-\ddot{N}(CH_3)_2 \xrightarrow{H^+} {^{-}O_3S}-C_6H_4-NH-\ddot{N}=C_6H_4=\overset{+}{N}(CH_3)_2$$

ऋणायन का बेन्जीनॉइड रूप (पीला रंग) *(ब्रंसटेद लॉरी क्षारक)* *ऋणायन का क्विनोनॉइड रूप (गुलाबी-लाल रंग)*

चित्र 6.2 *– मेथिल ओरेन्ज की संरचनाएं*

सूचक का चयन

प्रबल अम्ल के प्रति दुर्बल क्षार के अनुमापन में मेथिल ओरेन्ज को सूचक की तरह चयनित किया जाता है। जब प्रबल क्षारक तथा दुर्बल अम्ल के मध्य अनुमापन करना होता है तो फ़ीनॉलफ़्थेलीन एक उत्तम सूचक है। इस अनुमापन में क्षार ब्यूरेट से डाला जाता है और अम्ल को अनुमापन फ्लास्क में लिया जाता है। अनुमापन फ्लास्क में लिए गए विलयन का रंग रंगहीन से गुलाबी हो जाता है। इस रंग परिवर्तन का बोध आँखों द्वारा आसानी से हो जाता है। यदि हम क्षार को अनुमापन फ्लास्क में लें तो रंग परिवर्तन गुलाबी से रंगहीन की ओर होगा। इस रंग परिवर्तन को यथार्थता से नोट नहीं किया जा सकता। प्रबल अम्ल तथा प्रबल क्षारक के अनुमापन में उपरोक्त में से कोई भी सूचक प्रयुक्त किया जा सकता है। दुर्बल अम्ल और दुर्बल क्षारक के मध्य अनुमापन के लिए कोई भी सूचक उपलब्ध नहीं है।

प्रयोग 6.1

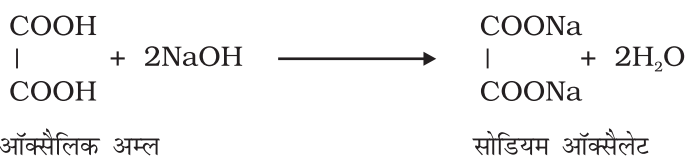
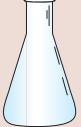
उद्देश्य

ऑक्सैलिक अम्ल के मानक विलयन द्वारा अनुमापन करके दिए गए सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सांद्रता (सामर्थ्य) ज्ञात करना।

सिद्धांत

अंत्य बिंदु पर किसी प्रबल अम्ल के प्रबल क्षारक द्वारा अनुमापन में अथवा विलोमतः अम्ल और क्षारक की मात्रा रासायनिक रूप से समतुल्य हो जाती है। इस अभिक्रिया को उदासीनीकरण अभिक्रिया कहते हैं। अंत्य बिंदु के निकट pH में एकाएक परिवर्तन होता है। यदि अंत्य बिंदु के उपरान्त अम्ल/क्षारक की सूक्ष्म मात्रा मिलाई जाए तो विलयन हल्का सा अम्लीय/क्षारीय हो जाता है। ऑक्सैलिक अम्ल (दुर्बल अम्ल) और सोडियम हाइड्रॉक्साइड (प्रबल क्षारक) के बीच निम्नलिखित अभिक्रिया होती है।

$$\begin{matrix} COOH \\ | \\ COOH \end{matrix} + 2NaOH \longrightarrow \begin{matrix} COONa \\ | \\ COONa \end{matrix} + 2H_2O$$

ऑक्सैलिक अम्ल सोडियम ऑक्सैलेट

इस अनुमापन में फ़ीनॉलफ़्थेलीन (HPh) सूचक के रूप में प्रयुक्त की जाती है। विलयन की अज्ञात सांद्रता की गणना ग्राम प्रति लिटर (g/L) में की जाती है। विलयन की मोलरता की गणना निम्नलिखित सूत्र द्वारा की जा सकती है–

$$a_1 M_1 V_1 = a_2 M_2 V_2 \qquad ...(4)$$

जहाँ a_1, M_1, V_1 क्रमशः अम्ल की क्षारकता मोलरता और प्रयुक्त हुआ आयतन हैं तथा a_2, M_2 और V_2 क्रमशः क्षार की अम्लता, मोलरता और अनुमापन में प्रयुक्त हुआ क्षारक का आयतन हैं।

आवश्यक सामग्री

- ब्यूरेट (50 mL) – एक
- पिपेट (10 mL) – एक
- शंक्वाकार फ्लास्क (100 mL) – एक
- ब्यूरेट स्टैंड – एक
- फनल – एक
- श्वेत ग्लेज़ टाइल – एक
- मापक फ्लास्क (100 mL) – एक

- ऑक्सैलिक अम्ल – आवश्यकतानुसार
- सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन – आवश्यकतानुसार
- फ़ीनॉलफ़्थेलीन सूचक – आवश्यकतानुसार

प्रक्रिया

ऑक्सैलिक अम्ल

सोडियम हाइड्रॉक्साइड

(क) ऑक्सैलिक अम्ल का 0.1 M मानक विलयन बनाना

प्रयोग 2.1 में दी गई प्रक्रिया का अनुसरण करें।

(ख) सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन का ऑक्सैलिक अम्ल द्वारा अनुमापन

(i) ब्यूरेट को अच्छी तरह से साफ करें, इसे आसुत जल से धोएं और अंत में सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन से खंगालें। ब्यूरेट को सदैव उस विलयन से खंगालें जिसे इसमें लेना हो (चित्र 2.17)। ब्यूरेट को ब्यूरेट स्टैंड में ऊर्ध्वाधर कसें।

(ii) सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन को ब्यूरेट में शून्य के निशान से ऊपर तक भर लें।

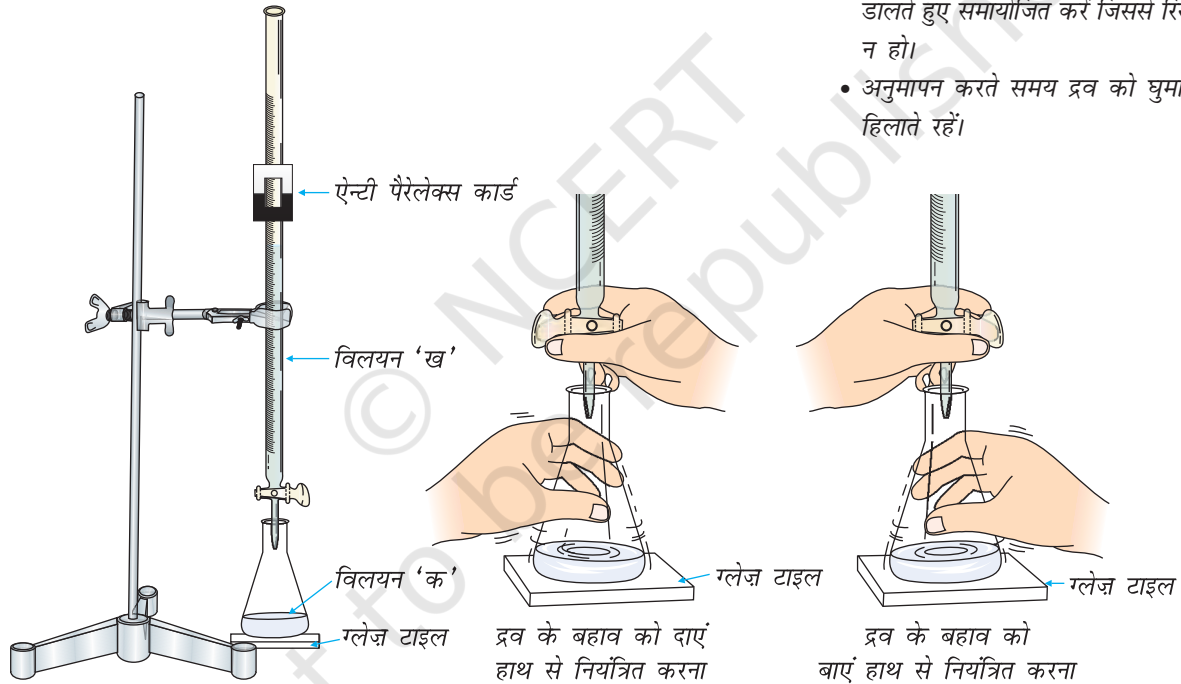
(iii) ब्यूरेट की नॉज़ॅल में उपस्थित किसी भी **वायु अन्तराल को हटाने के लिए, विलयन को इसमें से तेजी से बहने दें।**

(iv) **ब्यूरेट के प्रारंभिक पाठ्यांक को नोट करने से पहले फनल हटा दें** और पाठ्यांक नोट करते समय सुनिश्चित कर लें कि ब्यूरेट के नॉज़ॅल से कोई बूँद न लटक रही हो।

(v) प्रारंभिक पाठ्यांक को विलयन के मेनिस्कस के तल के ठीक सामने आँख रखकर नोट करें।

(vi) एक धुले हुए और सूखे शंक्वाकार फ्लास्क में पिपेट से नाप कर ऑक्सैलिक अम्ल का 10 mL विलयन लें। विलयन मापने से पहले पिपेट को जल से धोने के बाद सदैव उस विलयन से खंगाल लें (चित्र 2.21) जिसे इससे मापना है।

(vii) शंक्वाकार फ्लास्क में फ़ीनॉलफ़्थेलीन सूचक की 1-2 बूँदें डालें। फ्लास्क को चित्र 6.3 के अनुसार ग्लेज़ की हुई टाइल पर रखें। अम्ल का सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन से तब तक अनुमापन करें जब तक स्थाई तथा बहुत हल्का गुलाबी रंग प्राप्त न हो जाए। प्रारंभ में सोडियम हाइड्रॉक्साइड थोड़ी-थोड़ी मात्रा में और फिर बूँद-बूँद करके डालना चाहिए।

नोट - • *द्रव का बहाव अंगूठे और दो उंगलियों के बीच रोधनी पर अंदर की ओर दबाव डालते हुए समायोजित करें जिससे रिसाव न हो।*
• *अनुमापन करते समय द्रव को घुमाकर हिलाते रहें।*

चित्र 6.3 *- विलयन का अनुमापन करना*

(viii) ब्यूरेट में विलयन का निचला मेनिस्कस पुनः पढ़ें और इस अंतिम पाठ्यांक को नोट करें।

(ix) यह प्रक्रिया तब तक दोहराएं जब तक तीन सुसंगत पाठ्यांक प्राप्त न हो जाएं। अपने पाठ्यांकों को सारणी 6.1 के अनुसार रिकॉर्ड करें।

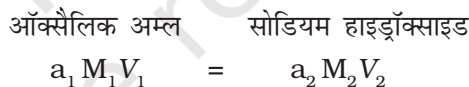
सारणी 6.1 – सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन का ऑक्सैलिक अम्ल के विलयन से अनुमापन

क्रम. सं.	शंक्वाकार फ्लास्क में प्रत्येक बार लिये गए ऑक्सैलिक अम्ल के विलयन का आयतन V_1mL	ब्यूरेट के पाठ्यांक		सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन का प्रयुक्त हुआ आयतन V_2 mL = (y – x) mL	सुसंगत पाठ्यांक
		प्रारंभिक पाठ्यांक (x)	अन्तिम पाठ्यांक (y)		

गणना

NaOH विलयन की मोलरता की गणना निम्नलिखित समीकरण द्वारा की जा सकती है–

ऑक्सैलिक अम्ल सोडियम हाइड्रॉक्साइड

$$a_1 M_1 V_1 = a_2 M_2 V_2$$

जहां M_1 और V_1 क्रमश: ऑक्सैलिक अम्ल के विलयन की मोलरता और आयतन हैं और M_2 तथा V_2 क्रमश: सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की मोलरता तथा आयतन हैं। a_1 और a_2 क्रमश: ऑक्सैलिक अम्ल की क्षारकता एवं सोडियम हाइड्रॉक्साइड की अम्लता हैं। यहाँ $a_1 = 2$ और $a_2 = 1$ है।

इसके अतिरिक्त, ऑक्सैलिक अम्ल, $(COOH)_2.2H_2O$ का मोलर द्रव्यमान 126 g mol^{-1} और सोडियम हाइड्रॉक्साइड, NaOH का मोलर द्रव्यमान 40 g mol^{-1} है।

सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सांद्रता की गणना g/L में निम्नलिखित समीकरण द्वारा करें।

g/L में सांद्रता (सामर्थ्य) = मोलरता × मोलर द्रव्यमान

परिणाम

सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन की सांद्रता (सामर्थ्य) —————g/L है।

सावधानियाँ

(क) ब्यूरेट और पिपेट को सदैव उस विलयन से खंगाल लें जिसे इनमें लेना हो।

(ख) विलयन का अनुमापन करने से पहले ब्यूरेट में से किसी भी वायु अंतराल को निकाल दें। सुनिश्चित कर लें कि ब्यूरेट की नॉज़ॅल भी भरी हुई हो।

(ग) पाठ्यांक पढ़ने से पहले ब्यूरेट से फ़नल हटाना कभी न भूलें और सुनिश्चित कर लें कि ब्यूरेट की नॉज़ॅल से द्रव की बूँद न लटक रही हो।

(घ) सदैव पारदर्शी विलयनों के निचले मेनिस्कस और रंगीन विलयनों के ऊपरी मेनिस्कस से संपाती पाठ्यांक पढ़ें।

(च) पाठ्यांक नोट करने के लिए आँखें मेनिस्कस के तल के ठीक सामने रखें।

(छ) पिपेट को कभी भी इसके बल्ब से न पकड़ें।

(ज) टूटी हुई नॉज़ॅल के ब्यूरेट और पिपेट प्रयोग में न लाएं।

(झ) प्रबल अम्ल और क्षार के विलयन को मुँह से पिपेट में न खींचें।

(ट) पिपेट में द्रव खींचते समय इसका निचला भाग द्रव में डूबा हुआ रखें।

(ठ) पिपेट से विलयन नापकर अनुमापन फ्लास्क में डालते समय कभी भी इसके जेट से अन्तिम बूँद फूंककर फ्लास्क में न डालें।

(ड) विलयन की सांद्रता (सामर्थ्य) की गणना दशमलव के चौथे स्थान तक करनी चाहिए।

विवेचनात्मक प्रश्न

(i) ब्यूरेट और पिपेट को उन विलयनों से क्यों खंगाला जाता है जिन्हें इनमें भरना है?

(ii) सूचक क्या होता है? ऑक्सैलिक अम्ल तथा सोडियम हाइड्रॉक्साइड के मध्य अनुमापन में कौन सा सूचक प्रयुक्त किया जाता है? क्या इस अनुमापन में कोई अन्य सूचक प्रयुक्त किया जा सकता है?

(iii) पारदर्शी विलयनों का निचला मेनिस्कस और गहरे रंग के विलयनों का ऊपरी मेनिस्कस क्यों पढ़ा जाता है?

(iv) 'अंत्य बिंदु' शब्द की व्याख्या कीजिए।

(v) 1.0 M विलयन से आप क्या समझते हैं?

(vi) पिपेट से विलयन की अन्तिम बूँद फूंककर क्यों नहीं निकालनी चाहिए?

(vii) अम्ल की क्षारकता और क्षार की अम्लता शब्दों की व्याख्या कीजिए।

(viii) समझाइए कि NaOH तथा HCl के मध्य अनुमापन में फ़ीनॉलफ़्थेलीन और मेथिल ओरेन्ज दोनों ही उपयुक्त सूचक क्यों हैं?

(ix) 'सुसंगत पाठ्यांक' शब्द से क्या आशय है?

(x) क्या ऑक्सैलिक अम्ल का विलयन ब्यूरेट में और सोडियम हाइड्रॉक्साइड का विलयन अनुमापन फ्लास्क में लिया जा सकता है? यदि ऐसा करने में कोई सीमा बंधन हो तो इंगित कीजिए।

यह भी जानिए

संपूर्ण उदासीनता तभी संभव है जब क्षार की मात्रा अम्ल की मात्रा के तुल्यांकी अनुपात में हो। इसलिए अंत्य बिंदु पर विलायक के V_1 आयतन में घुला अम्ल का तुल्यांकी द्रव्यमान विलायक के V_2 आयतन में घुले क्षारक के तुल्यांकी द्रव्यमान के बराबर होना चाहिए। यदि N_1 और N_2 क्रमश: अम्ल और क्षारक के प्रति लिटर विलयन में घोले गये तुल्यांकी द्रव्यमान हों तो–

$$N_1V_1 = N_2V_2 \qquad \ldots(i)$$

अम्ल तथा क्षारक के तुल्यांकी द्रव्यमान निम्नलिखित व्यंजकों द्वारा व्यक्त किए जाते हैं –

$$\text{अम्ल का तुल्यांकी द्रव्यमान} = \frac{\text{अम्ल का मोलर द्रव्यमान}}{\text{क्षारकता}} \qquad \ldots(ii)$$

$$\text{क्षारक का तुल्यांकी द्रव्यमान} = \frac{\text{क्षारक का मोलर द्रव्यमान}}{\text{क्षारकता}} \qquad \ldots(iii)$$

विलयन के प्रति लिटर में घुले ग्राम तुल्यांकी द्रव्यमान की संख्या को नार्मलता कहते हैं। अम्ल तथा क्षारक के लिए

$$\text{नार्मलता (N)} = \frac{\text{ग्राम तुल्यांकी द्रव्यमानों की संख्या}}{\text{विलयन का लिटर में आयतन } (V)} = \frac{\text{w/ तुल्यांकी द्रव्यमान}}{\text{लिटर में आयतन } (V)} \qquad \ldots(iv)$$

जहाँ w = पदार्थ का ग्राम में द्रव्यमान

नार्मलता और मोलरता के बीच संबंध

नार्मलता (N) की परिभाषा के अनुसार [समीकरण (iv)]

$$\text{तुल्यांकी द्रव्यमान} = \frac{w}{N \quad V} \qquad \ldots(v)$$

यदि अम्लता या क्षारकता 'a' हो तो तुल्यांकी द्रव्यमान की परिभाषा से

$$\text{तुल्यांकी द्रव्यमान} = \frac{\text{मोलर द्रव्यमान}}{a} \qquad \ldots(vi)$$

समीकरण (v) एवं (vi) से हम लिख सकते हैं –

$$\frac{w}{N \quad V} \qquad \frac{\text{मोलर द्रव्यमान}}{a}$$

या $$N \quad \frac{a(\text{w / मोलर द्रव्यमान})}{V}$$

परन्तु $\frac{\text{w / मोलर द्रव्यमान}}{V}$, मोलरता ($M$) होती है।

अत: N = a M $\qquad \ldots(vii)$

समीकरण (vii) नार्मलता और मोलरता के मध्य संबंध का व्यंजक है। समीकरण (vii) का समीकरण (i) में उपयोग करने पर हम पाते हैं कि –

$$a_1 M_1 V_1 = a_2 M_2 V_2 \quad \text{... (viii)}$$

जहाँ a_1 और a_2 अम्ल और क्षारक की क्रमश: क्षारकता और अम्लता हैं तथा M_1 और M_2 क्रमश: अम्ल एवं क्षारक का मोलर द्रव्यमान हैं। इस प्रकार हम देखते हैं कि समीकरण (i) भी विलयन की सांद्रता की गणना करने के लिए प्रयुक्त की जा सकती है। समीकरण (viii) को तनुकरण द्वारा विलयन बनाने के लिए भी प्रयुक्त किया जा सकता है। एक ही पदार्थ के विलयनों में $a_1 = a_2$ होगा अत: समीकरण (viii) को किसी पदार्थ के विलयन के तनुकरण के लिए प्रयुक्त करने के लिए $M_1 V_1 = M_2 V_2$ ...(ix)

इसलिए यदि M_1 मोलरता के विलयन से M_2 मोलरता के विलयन का V_2 आयतन प्राप्त करना हो तो M_1 मोलरता के विलयन के आवश्यक आयतन, V_1 की गणना समीकरण (ix) द्वारा की जा सकती है। M_1 मोलरता वाले विलयन के V_1 आयतन में विलायक का $(V_2 - V_1)$ आयतन मिलाने की आवश्यकता होगी।

प्रयोग 6.2

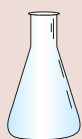
उद्देश्य

सोडियम कार्बोनेट का 0.1 M मानक विलयन बनाना।

सिद्धांत

सोडियम कार्बोनेट के गुणधर्म प्राथमिक मानकों के निकट होते हैं इसलिए इसे सीधे तोलकर मानक विलयन बनाया जा सकता है। Na_2CO_3 का 0.1 M विलयन बनाने के लिए प्रति लिटर विलयन में 10.6000 g सोडियम कार्बोनेट घोलना होगा (सोडियम कार्बोनेट का मोलर द्रव्यमान 106 g mol^{-1} है)

इसलिए Na_2CO_3 के 0.1 M विलयन के 100 mL बनाने के लिए 1.0600 g सोडियम कार्बोनेट को आसुत जल की न्यूनतम मात्रा में घोलकर विलयन को ठीक 100 mL तक आसुत जल से तनुकृत किया जाता है।

आवश्यक सामग्री

- मापक फ्लास्क (100 mL) – एक
- वॉच ग्लास – एक
- फनल – एक
- धावन बोतल – एक
- सोडियम कार्बोनेट – आवश्यकतानुसार

प्रक्रिया

प्रयोग 2.1 में दी गई प्रक्रिया का अनुसरण करें।

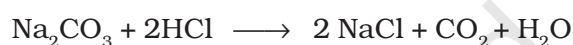
प्रयोग 6.3

उद्देश्य

सोडियम कार्बोनेट के मानक विलयन से अनुमापन द्वारा दिए गए तनु हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन की सामर्थ्य ज्ञात करना।

सिद्धांत

हाइड्रोक्लोरिक अम्ल की सांद्रता सोडियम कार्बोनेट के मानक विलयन द्वारा अनुमापन से ज्ञात की जाती है। इसमें निम्नलिखित अभिक्रिया होती है–

$$Na_2CO_3 + 2HCl \longrightarrow 2\,NaCl + CO_2 + H_2O$$

इस अनुमापन में एक दुर्बल क्षारक, मेथिल ओरेन्ज (अनायनित अवस्था में पीला रंग) सूचक की तरह प्रयुक्त किया जाता है।

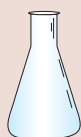
इस प्रयोग में भी अनुमापन सामान्य पथ ही अपनाता है यानी अम्ल द्वारा दिए गए प्रोटॉन पहले विलयन में उपस्थित सोडियम कार्बोनेट को उदासीन करते हैं। जब संपूर्ण सोडियम कार्बोनेट उदासीन हो जाता है तो ब्यूरेट से डाली गई अन्तिम बूँद इच्छित गुलाबी-लाल रंग परिवर्तन कर देती है, यही अंत्य बिंदु होता है।

विलयन की सांद्रता (सामर्थ्य) की गणना g/L में की जाती है। इसकी गणना विलयन की मोलरता से की जाती है। यहाँ मोलरता की समीकरण निम्न प्रकार से लिखी जाती है।

क्षारक   अम्ल

$$a_1M_1V_1 = a_2M_2V_2$$

जहाँ, a_1 और a_2 क्रमशः क्षारक और अम्ल की अम्लता और क्षारकता हैं। M_1 और M_2 क्रमशः मोलरता और V_1 एवं V_2 क्रमशः क्षारक और अम्ल के एक दूसरे को उदासीन करने के लिए प्रयुक्त हुए आयतन हैं।

आवश्यक सामग्री

- ब्यूरेट (50 mL) – एक
- पिपेट (10 mL) – एक
- शंक्वाकार फ्लास्क (100 mL) – एक
- ब्यूरेट स्टैंड – एक
- फनल – एक
- सफेद ग्लेज़ की गई टाइल – एक
- मापक फ्लास्क (100 mL) – एक

- हाइड्रोक्लोरिक अम्ल – आवश्यकतानुसार
- सोडियम कार्बोनेट – आवश्यकतानुसार
- मेथिल ओरेन्ज विलयन – आवश्यकतानुसार

प्रक्रिया

(क) सोडियम कार्बोनेट का 0.1 M मानक विलयन बनाना

प्रयोग 2.1 में दिए गए प्रक्रम का अनुसरण करें।

(ख) हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन का सोडियम कार्बोनेट विलयन द्वारा अनुमापन

प्रयोग 6.1 में दिए गए प्रक्रम का अनुसरण करें।

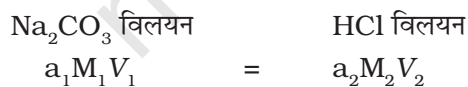
इसमें हाइड्रोक्लोरिक अम्ल ब्यूरेट में और सोडियम कार्बोनेट विलयन शंक्वाकार फ्लास्क में लिया जाता है। मेथिल ओरेन्ज सूचक की तरह उपयोग में लाया जाता है। अंत्य बिंदु पर रंग परिवर्तन पीले से गुलाबी-लाल रंग में होता है। अपने प्रेक्षणों को सारणी 6.2 के अनुसार रिकॉर्ड करें।

सारणी 6.2 – हाइड्रोक्लोरिक अम्ल का सोडियम कार्बोनेट विलयन द्वारा अनुमापन

क्रम. सं.	प्रत्येक बार फ्लास्क में लिये गए Na_2CO_3 विलयन का आयतन V_1mL	ब्यूरेट के पाठ्यांक		HCl विलयन का प्रयुक्त हुआ आयतन V_2 mL = y – x mL	सुसंगत पाठ्यांक/mL
		प्रारंभिक पाठ्यांक (x)	अन्तिम पाठ्यांक (y)		

गणना

HCl विलयन की प्रबलता की गणना निम्नलिखित प्रकार से करें–

$$\begin{array}{ccc} Na_2CO_3 \text{ विलयन} & & \text{HCl विलयन} \\ a_1M_1V_1 & = & a_2M_2V_2 \end{array}$$

जहाँ M_1 और V_1 सोडियम कार्बोनेट विलयन की क्रमशः मोलरता और आयतन हैं एवं a_1 क्षारक के एक मोल द्वारा प्रदत्त OH^-(aq) आयनों के मोलों की संख्या है (यानी Na_2CO_3 विलयन की अम्लता)

$\therefore \quad a_1 = 2$

M_2 और V_2 हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के विलयन की क्रमश: मोलरता और आयतन हैं।

a_2 एक मोल अम्ल द्वारा प्रदत्त H^+ (aq) आयनों के मोलों की संख्या है। (यानी HCl की क्षारकता)।

$\therefore \quad a_2 = 1$

Na_2CO_3 का मोलर द्रव्यमान = 106 g mol^{-1},

HCl का मोलर द्रव्यमान = 36.5 g mol^{-1}

$\therefore$ HCl विलयन की सांद्रता (सामर्थ्य) g/L में = मोलरता × मोलर द्रव्यमान

परिणाम

दिए गए HCl विलयन की सांद्रता (प्रबलता) ————————g/L है।

सावधानियाँ

(क) अम्ल एवं क्षारक का प्रयोग करते समय सावधानी रखनी चाहिए।

(ख) विलयन का अनुमापन करने से पहले ब्यूरेट और पिपेट को उस विलयन से खंगाल लें जिसे इसमें लेना हो।

(ग) अनुमापन से पहले ब्यूरेट में से किसी भी वायु अंतराल को निकाल दें।

(घ) पाठ्यांक पढ़ने से पहले ब्यूरेट से फनल हटाना कभी न भूलें और सुनिश्चित कर लें कि ब्यूरेट की नॉज़ॅल से द्रव की बूँद न लटक रही हो।

(च) सभी पारदर्शी विलयनों के लिए निचले मेनिस्कस और रंगीन विलयनों के ऊपरी मेनिस्कस से संपाती पाठ्यांक पढ़ें।

(छ) टूटी हुई नॉज़ॅल के ब्यूरेट और पिपेट प्रयोग में न लाएं।

(ज) प्रबल अम्ल और क्षार को मुँह द्वारा पिपेट में न खींचें। पिपेट बल्ब का प्रयोग करें।

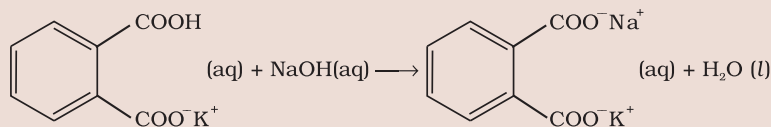
(झ) पिपेट से द्रव खींचते समय इसका निचला भाग सदैव द्रव में डूबा रखें।

(ट) फ्लास्क में विलयन स्थानांतरित करते समय पिपेट के जेट से आखिरी बूँद को फूंक मारकर न निकालें।

(ठ) विलयन की प्रबलता दशमलव के चौथे स्थान तक परिकलित करनी चाहिए।

यह भी जानिए

सोडियम हाइड्रॉक्साइड विलयन के लिए पोटैशियम हाइड्रोजनथैलेट प्राथमिक मानक है। पोटैशियम हाइड्रोजनथैलेट का सूत्र $C_6H_5O_4K$ है। यह एकक्षारकीय अम्ल की तरह व्यवहार करता है। सोडियम हाइड्रोक्साइड, पोटैशियम हाइड्रोजनथैलेट से निम्नलिखित अभिक्रिया करता है।

$$C_6H_4(COOH)(COO^-K^+)(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow C_6H_4(COO^-Na^+)(COO^-K^+)(aq) + H_2O(l)$$

इस अनुमापन में फ़ीनॉलफ़्थेलीन को सूचक की तरह प्रयुक्त किया जा सकता है।

विवेचनात्मक प्रश्न

(i) सोडियम कार्बोनेट तथा हाइड्रोक्लोरिक अम्ल के अनुमापन में अंत्य बिंदु पर परिवर्तित रंग कौन सा होता है?

(ii) आप सोडियम कार्बोनेट के 0.05 M विलयन के 250 mL कैसे बनाएंगे?

(iii) यद्यपि सोडियम कार्बोनेट एक लवण है फिर भी इसका जलीय विलयन दुर्बल क्षारक प्रकृति का होता है। समझाएं क्यों?

(iv) आप सोडियम कार्बोनेट की अम्लता कैसे ज्ञात करेंगे।

(v) मेथिल ओरेन्ज आर्रेनियस क्षारक क्यों नहीं है?

(vi) आप Na_2CO_3 और $NaHCO_3$ के मिश्रण के विलयन को HCl से कैसे अनुमापित कर सकते हैं?

(vii) अंत्य बिंदु और तुल्यता बिंदु में क्या अंतर है?

(viii) क्या आप HCl, HNO_3 और H_2SO_4 का मानक विलयन सीधे बना सकते हैं?